

Einsatz von Brennstoffzellen in Fahrzeugen

Überblick über die Arbeiten des Instituts für Fahrzeugkonzepte

DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in Stuttgart
Institut für Fahrzeugkonzepte
Andreas Brinner

Pfaffenwaldring 38-40, D-70569 Stuttgart
Tel: ++49 (0) 711 6862 574
E-mail: andreas.brinner@dlr.de

Internet: www.dlr.de/fk



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft



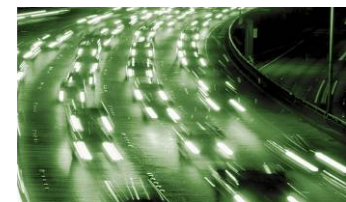
Vortragsinhalt

- ▶ Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
- ▶ Das Geschäftsfeld Verkehr im DLR
- ▶ Das DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte am Standort Stuttgart
- ▶ Motivation der System- und Komponentenentwicklung
- ▶ System und Subsystem – laufende Entwicklungen und neueste Produkte
- ▶ Systemkomponenten – Produkte und neue Entwicklungsansätze
- ▶ Zusammenfassung



DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

- ▶ Forschungszentrum
 - Luftfahrt
 - Raumfahrt
 - Energie
 - Verkehr
- ▶ Raumfahrt-Agentur
- ▶ Projektträger





Mobilität – Essenziell für Volkswirtschaften

- ▶ Sichert und fördert wirtschaftliche Entwicklung
 - Verkehr stellt mehr als 18 Millionen Arbeitsplätze in der EU
 - Automobilindustrie sorgt für weitere 14 Millionen Arbeitsplätze
 - Verkehr hält 13% Anteil am EU BSP
 - ▶ Ermöglicht kulturelle und sportliche Veranstaltungen
 - ▶ Befriedigt persönliche Bedürfnisse
- ⇒ Bedarf für schnellen, zuverlässigen und sicheren Verkehr



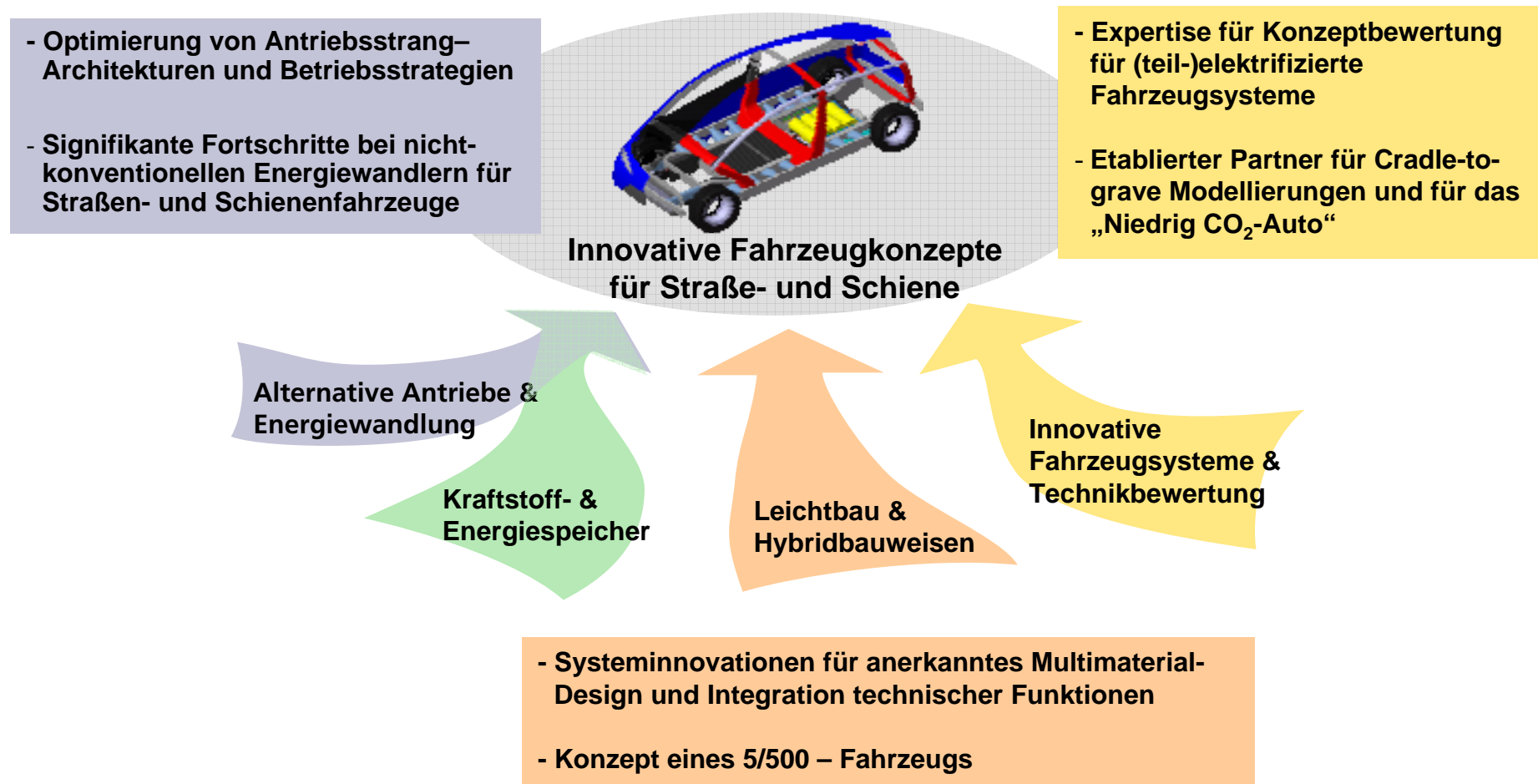
Vision

**Nachhaltige, sichere und finanzierbare
„Individuelle Mobilität“**



- ▶ Signifikant verbesserte Nutzung der Energiepotenziale für Fahrzeug- / und Transportsysteme
- ▶ Durchbruch bei emissions- / CO₂-freien oder neutralen Antriebstechnologien
Beispiel: Fahrzeugtaugliche Brennstoffzellensysteme
- ▶ Erweiterung der Energieträger im Verkehr
Leistungsfähige Wasserstoffspeicher

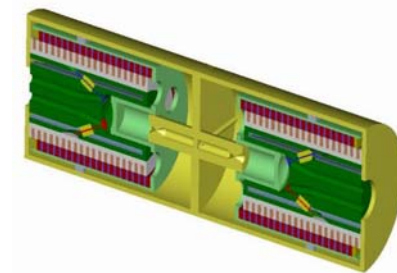
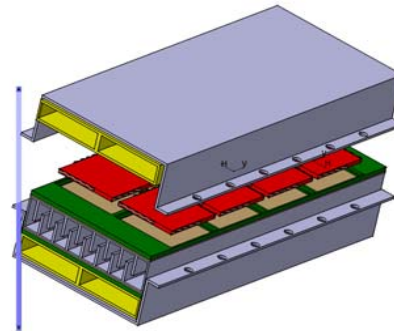
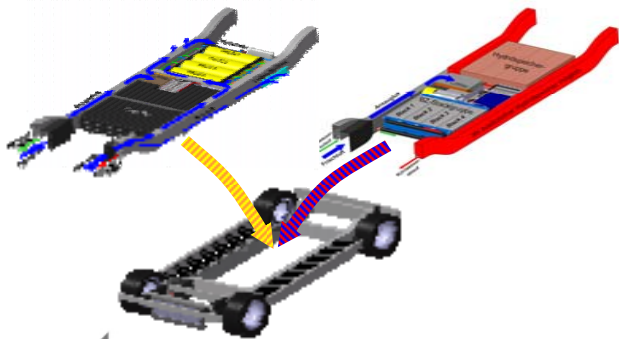
Die Forschungsfelder des Institutes - Zielrichtungen



Forschungsfeld

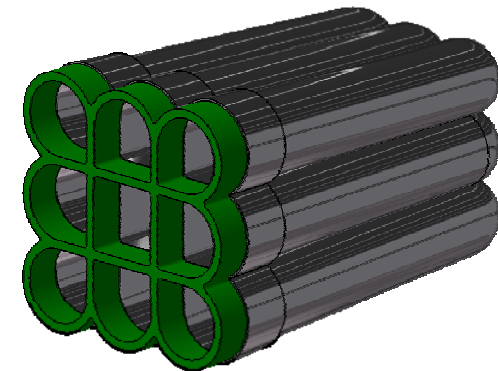
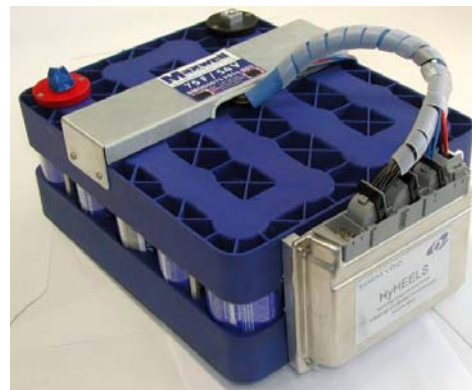
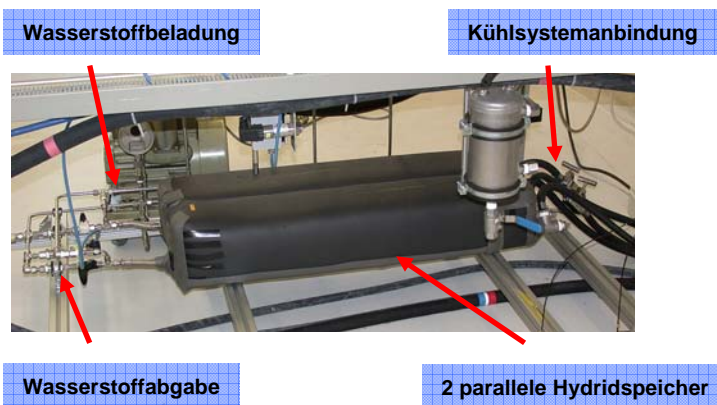
Alternative Antriebe und Energiewandlung

- ▶ Elektrifizierung des Fahrzeug-Antriebsstrangs
 - ↓ Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Kraftstoffen durch Entwicklung von robusten Elektrifizierungs- und Brennstoffzellensystemen
- ▶ Bereitstellung von Nutzenergie bisher ungenutzter Fahrzeug- Energieflüsse
 - ↓ CO₂-Minderung von ca. 5% durch Energierückgewinnung aus dem Abgasstrom mittels TEG
- ▶ Alternative Energiewandler mit hoher Effizienz
 - ↓ FKLG- Konzept ermöglicht bis zu 20% η -Verbesserung gegenüber konventionellem Antriebsstrang (Otto)



Kraftstoff- und Energiespeicherung

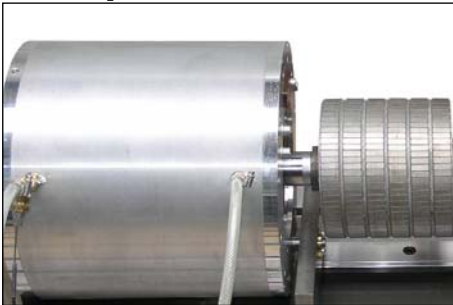
- ▶ Sorptions-Wasserstoffspeicher
 - ↓ Erzielung einer Beladung bis zu 6,5 Gewichts-% , Reduktion des Energieaufwandes für die Speicherung um mehr als 60%
- ▶ Untersuchung von elektrischen Energiespeichern neuester Generation
 - ↓ Verbesserte Anwendung von Doppelschichtkondensatoren in elektrifizierten Fahrzeugen
- ▶ Gastank
 - ↓ 60% Gewichtsreduktion gegenüber konventionellen Stahltanks, „Packageoptimiert“



Prüfeinrichtungen

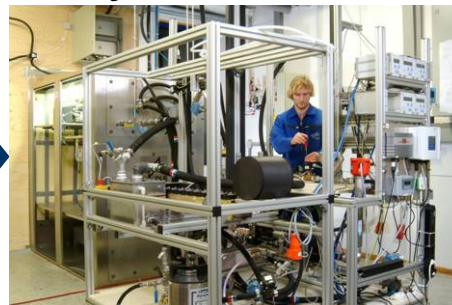
- ▶ Verifizierung von Antriebs- und Fahrzeugstrukturen
- ▶ Analyse der Komponenten und Subsysteme
- ▶ Bewertung von Fahrzeugtechnologien

Komponenten



- ▶ Prüfstand elektrische Energiespeicher
- ▶ Heißgasprüfstand

Subsysteme




- Prüfstand 20 kW Brennstoffzellensystem
- Prüfstand TEMA (Teststand für Energiemanagement und elektrische Antriebe)
- Prüfstand Elektrisches Energiemanagement

Entwicklungsplattformen



- ▶ Allrad-Klimarollenprüfstand
 - H₂-tauglich
 - Klimatisierung
 - Abgasanalyse

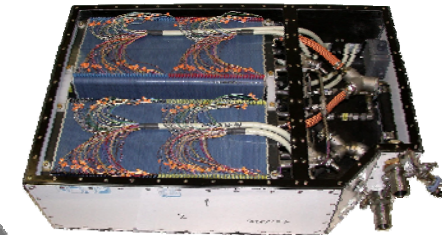
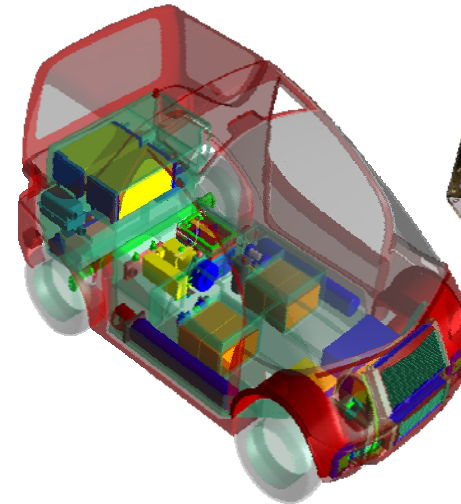
Prüfeinrichtungen / Klimarollenprüfstand Arbeiten in 2008 (Auszug)

- 
- ▶ Projekt VECTOR21 / Schadstoffanalyse im Abgas
 - ▶ Tests Brennstoffzellen- Antriebe
 - ▶ Tests Hybrid- / Traktionsbatterie (Wärmemanagement)
 - ▶ Verbrauchsmessungen für flüssige und gasförmige (H_2 , CNG u.a.) Kraftstoffe
 - ▶ Tests Kaltstart (Betriebsstrategie bei $-25^{\circ}C$ / Emissionsverhalten)
 - ▶ Tests Kraftübertragung im Antriebsstrang
 - ▶ Tests des Verhaltens von Fahrerassistenzsystemen
 - ▶ Simulation von Feldtests

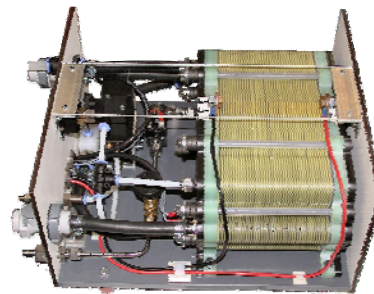


Entwicklung von Brennstoffzellensystemen

- ▶ Entwicklungsplattformen & Teststände zur Komponentenentwicklung
- ▶ Neue Systemkomponenten
- ▶ Systemkonzepte & Fahrzeugintegration
- ▶ Energiemanagement für Antriebsstrang & Fahrzeug



Leistung < 5 kW



Leistung > 5 kW

- ▶ „Minimales“ & robustes Brennstoffzellensystem
- ▶ Luft- & wassergekühlte Blöcke
- ▶ Keine Befeuchtung
- ▶ Betrieb nahe Atmosphärendruck
- ▶ Minimaler Eigenverbrauch
- ▶ Modularisierung



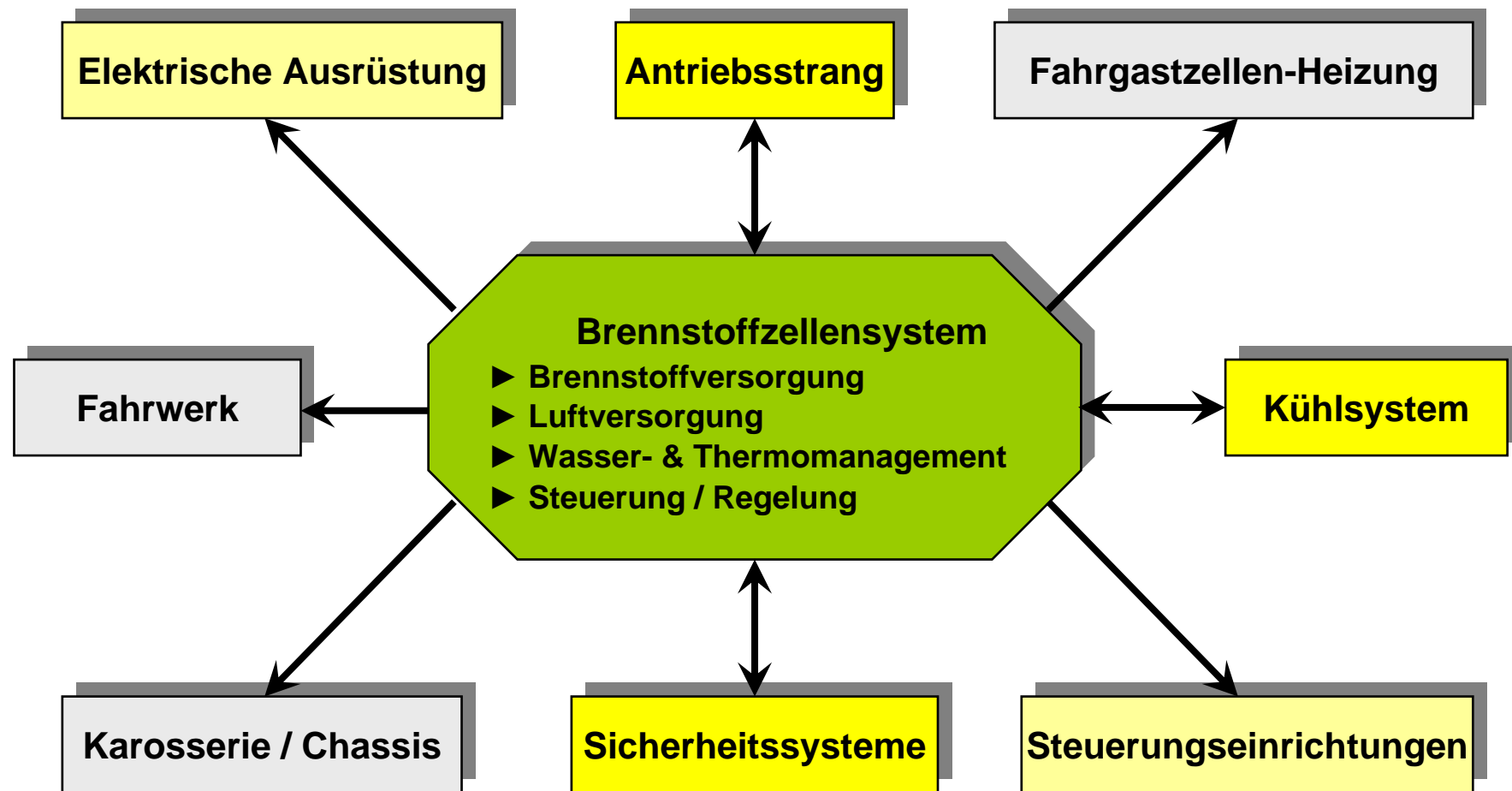
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

17.06.09
System & Subsystem Entwicklung

HyLite® Fahrzeug mit Hybrid-Brennstoffzellenantrieb

Brennstoffzellen-Systemintegration ins Fahrzeug



Fahrzeugvorbereitung für den PEFC-Systemeinbau

Änderungen der HyLite® Fahrzeugstruktur



**Auslegung und Bau
eines PEFC-
Kernsystemgehäuses**

**Aufrüstung und
Verstärkung des
Fahrzeughecks**



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

**Anpassung der
Doppelbodenstruktur**



A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte



**Auslegung und
Aufbau einer neuen
Fahrzeugfront**

**Auslegung und Bau
einer neuen
Heckschublade**

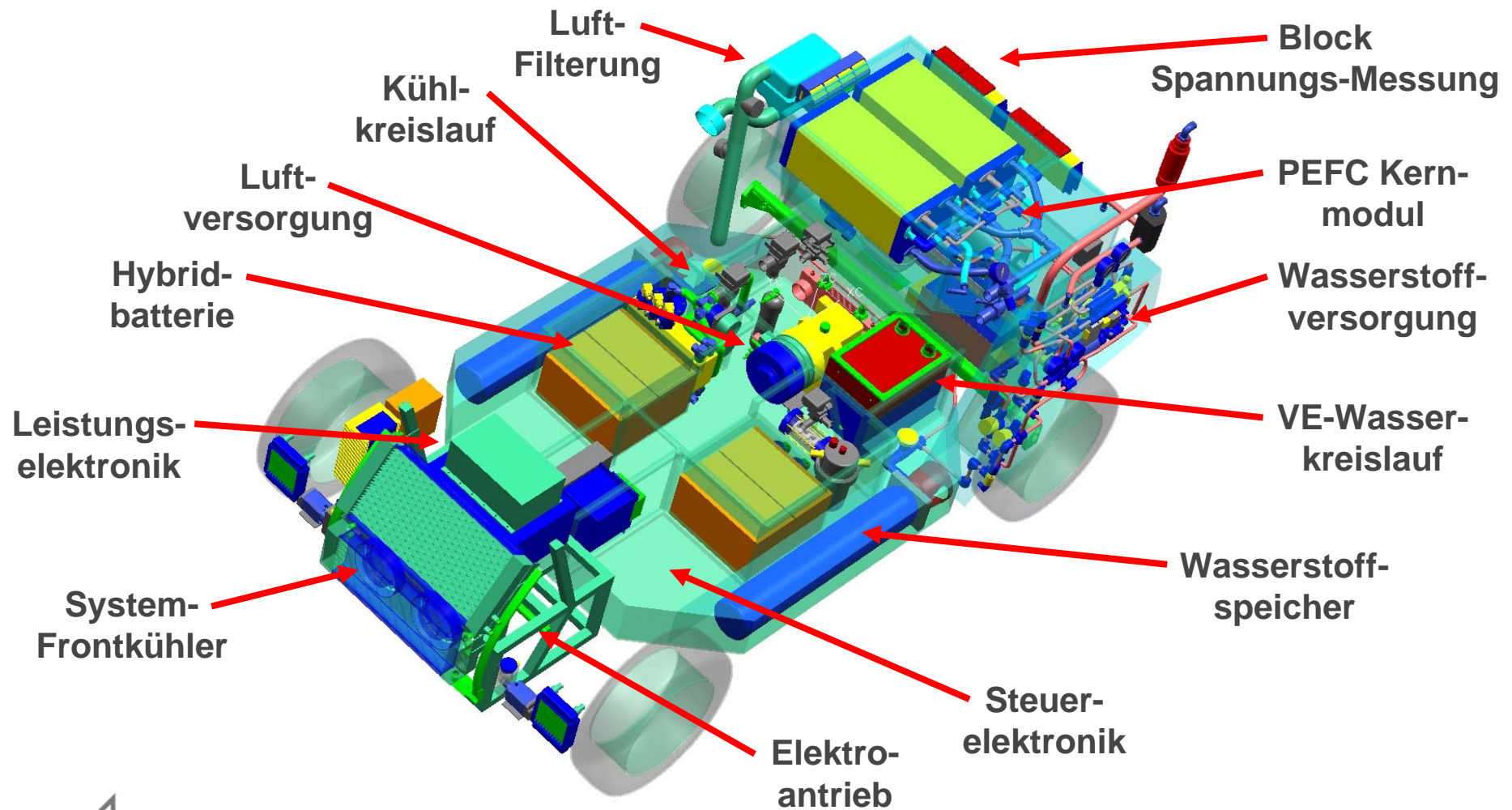


17.06.09



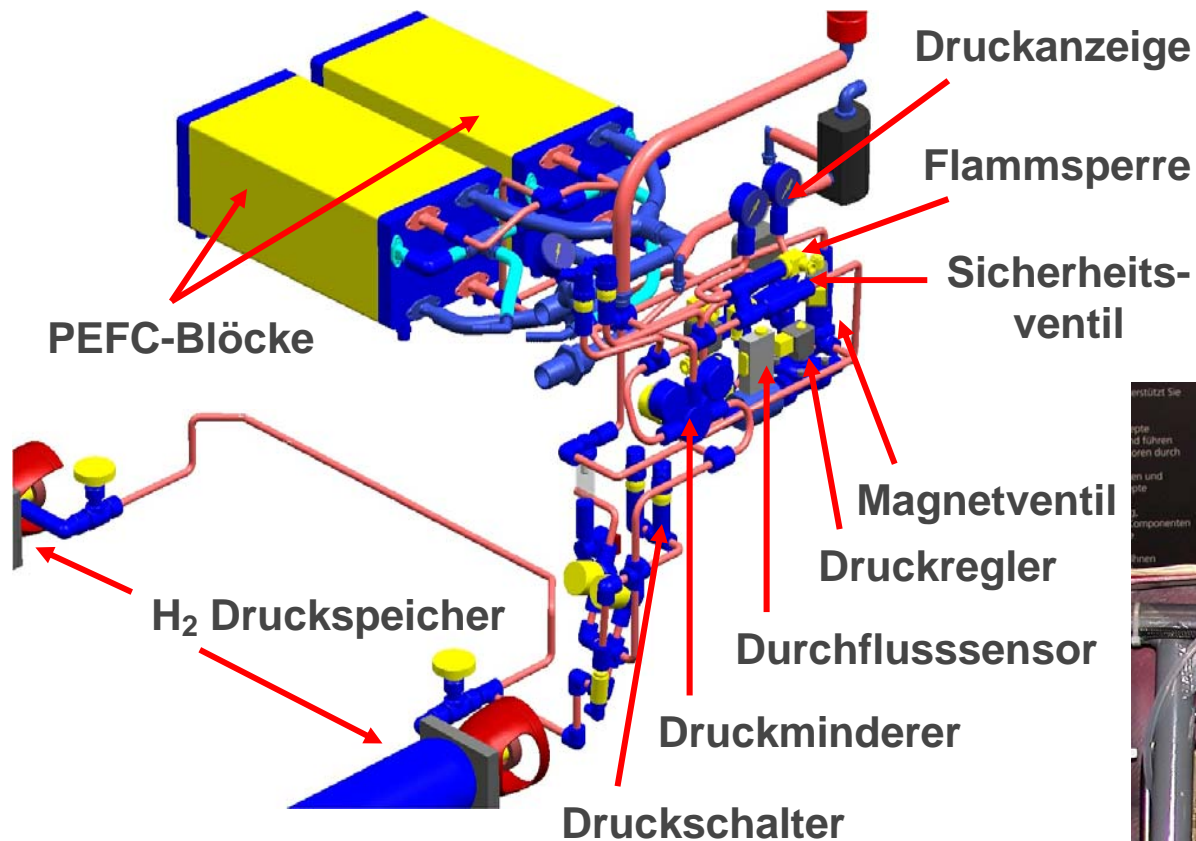
Brennstoffzellen-Antriebsstrangpackage 23 kW_N / 32 kW_p

Details der Systemmodularisierung & Integration

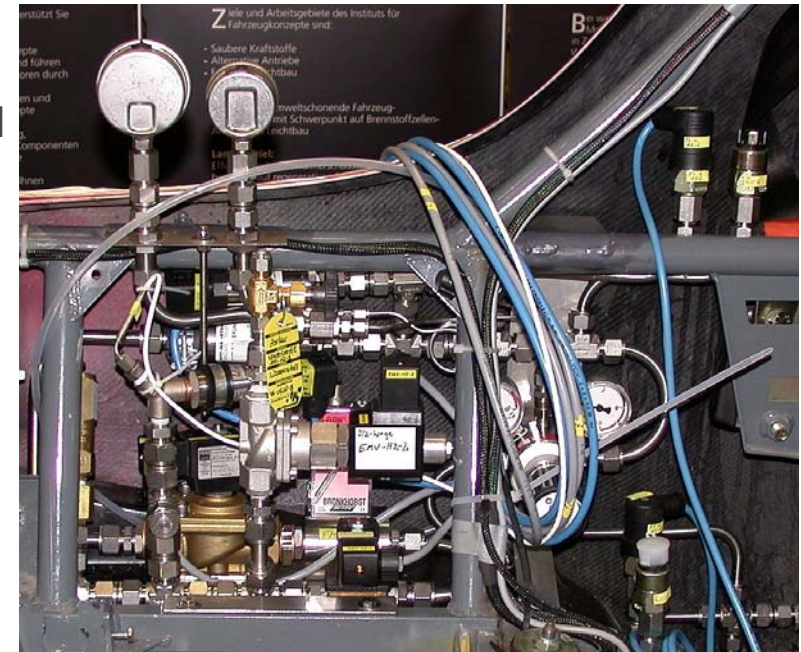


Beispiel: Komponentenpackage der H₂-Versorgung

Wenig Chancen für die Serienrealisierung ohne neue Ideen



Installationsraumvolumen
für H₂-Kreislauf: 10 Liter





Neue Entwicklungsansätze für Brennstoffzellensysteme

Konzepte, Subsysteme & Komponenten müssen überarbeitet werden

► Einfachere Systemkonzepte & Entflechtung der Funktionen

- Geringere Kosten
- Höhere Zuverlässigkeit
- Bessere Anpassung an spezialisierte Applikationen & Einsatznischen

► Modularisierung der verfahrenstechnischen & elektrischen Subsysteme

- Vorfertigung von Baugruppen durch spezialisierte Unternehmen
- Höhere Stückzahlen durch Nutzung von Baugruppen in unterschiedlichen Konzeptvarianten
- Schnellere Inbetriebnahme und einfachere Integration

► Zusammenfassung von Funktionen in hoch integrierten Baugruppen

- Weniger Bauteile
- Höhere Zuverlässigkeit
- Geringere Kosten



Modulare Systemkonzepte < 5kW

Flüssig gekühltes PEFC-System in modularer Bauweise

Kühlmodul

H₂-Versorgungsmodul

Luft-Versorgungsmodul

PEFC-Systemmodul

Steuerungsmodul



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

17.06.09
System & Subsystem Entwicklung



Modulare Systemkonzepte < 5kW

Modularisierung und Standardisierung

► Modularisierung durch Systemaufbau aus 4 – 6 kompakten Teilsystemen:

- Wasserstoff-Speichermodul
- Wasserstoff-Versorgungsmodul
- Luft-Versorgungsmodul
- PEFC-Systemmodul
- Kühlmodul (Luftkühlung im Systemmodul, Flüssigkühlung separat)
- Steuerungs-/Energieanpassungsmodul

► Standardisierung durch verwechslungssichere Modulverbindungen:

- Medienverschlauchung/-verrohrung
- Steuersignalverkabelung
- Leistungsübergabeverkabelung



Modulbaureihen-Entwicklung für Brennstoffzellensysteme

Luftversorgung



1200W



750W



500W



300W



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Systemsteuerung



300W – 2400W



Wasserstoffversorgung

Kühlsysteme



800W -
1400W

Flüssigkühlung



500W -
1200W

Luftkühlung

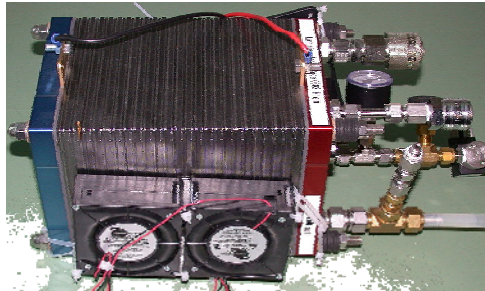


300W -
500W

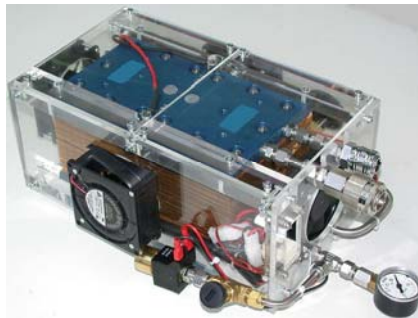


Brennstoffzellen-Kernmodule luft- und wassergekühlt

Luftgekühlt



560W

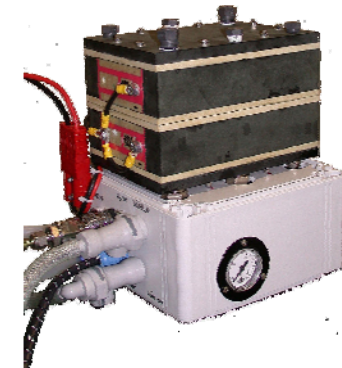


500W

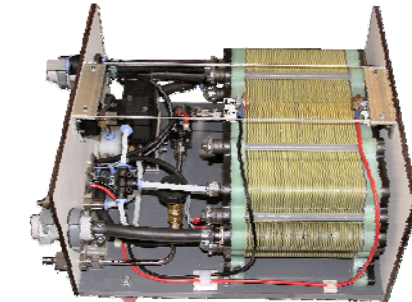


200W
450W

Wassergekühlt



720W -
1440W



600W-
2000W



360W



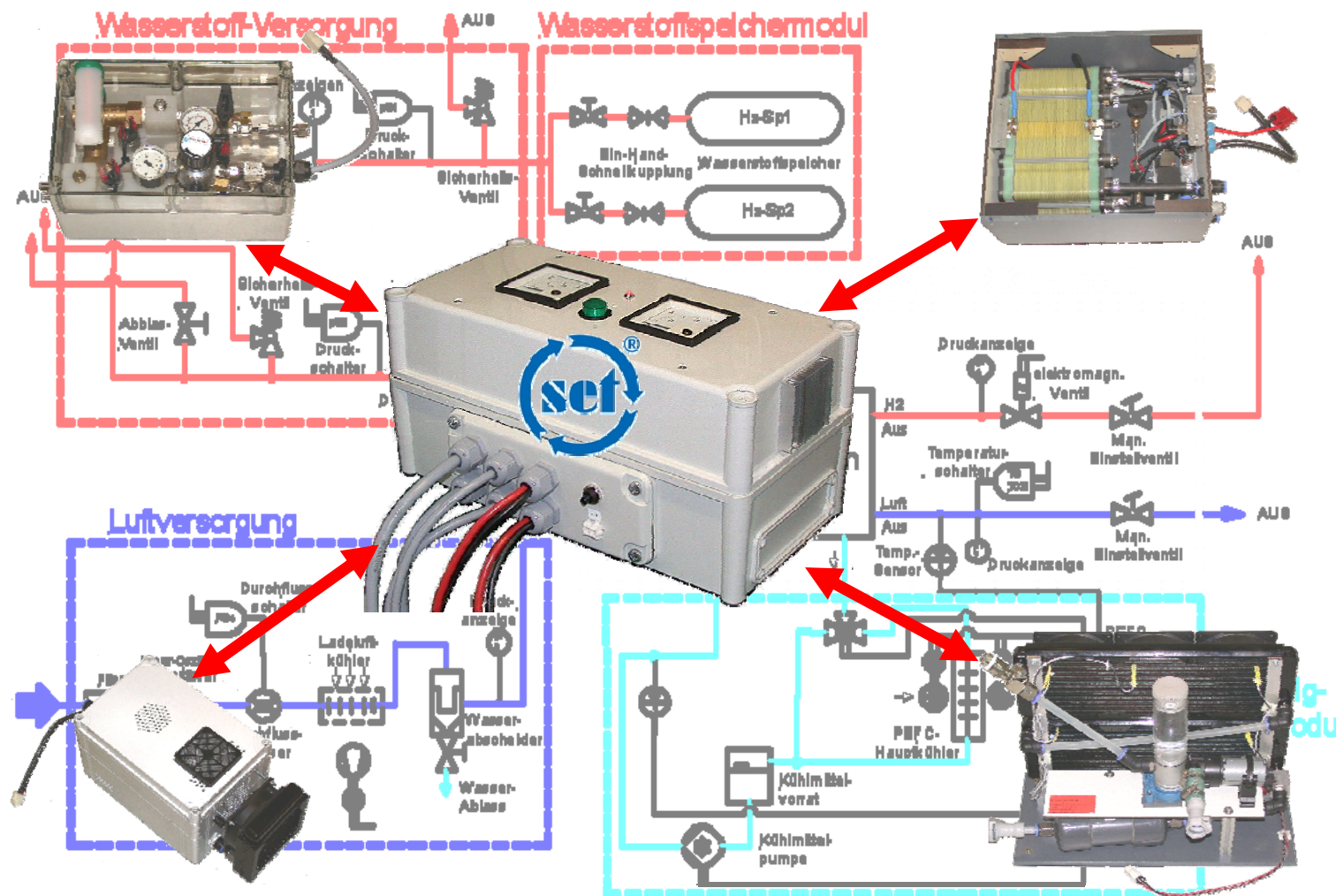
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

17.06.09

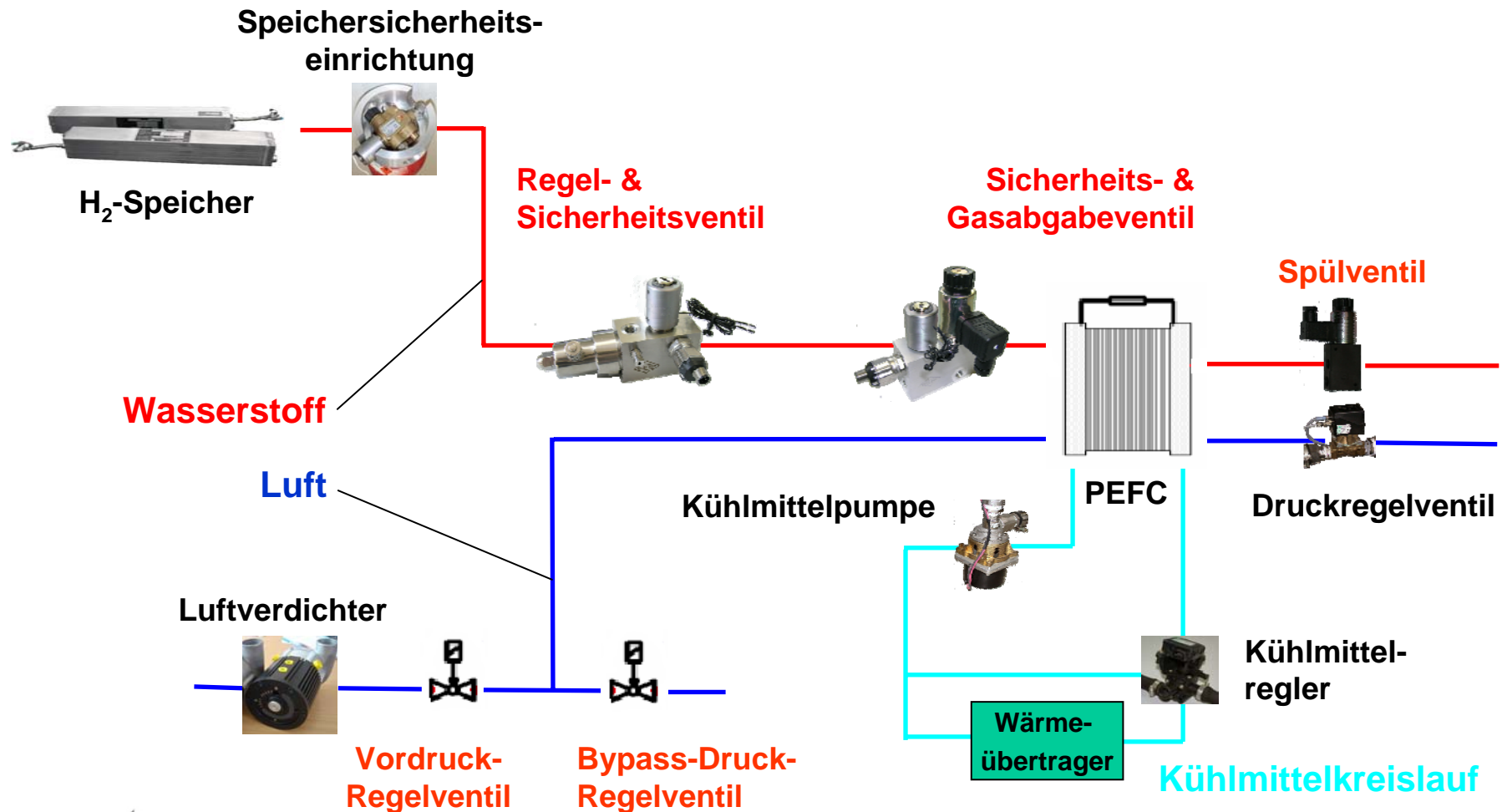
Zentrale Subsystementwicklung

Eine Steuerung für alle Systemvarianten

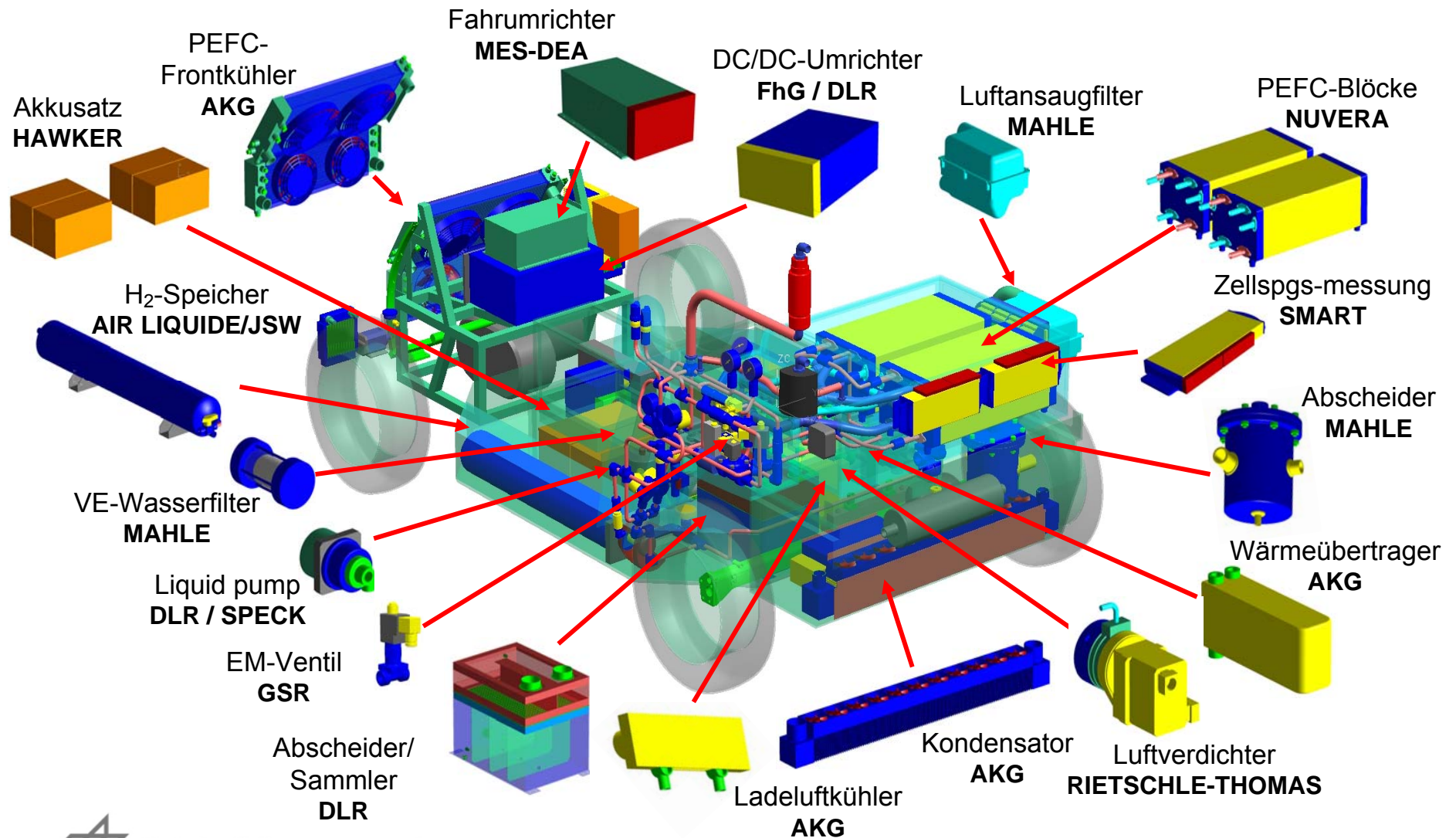


Entwicklung von Brennstoffzellen-Systemkomponenten

Aktuelle Produkte, Entwicklungen und Ansätze



HyLite® Systemkomponenten-Entwicklungen



Beispiele neu entwickelter Systemkomponenten für den HyLite® PEFC-Antriebsstrang

Ladeluftkühler

AKG



Luftverdichter
Rietschle

Wärmeübertrager

AKG



H₂O-Abscheider
Mahle

EM-Ventil
GSR



Flüssigkeitsfilter
Mahle

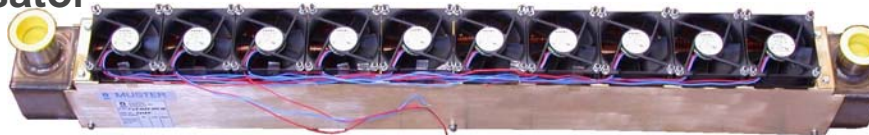


Lufteinlassfilter
Mahle



Kondensator

AKG



PEFC-Frontkühler
AKG



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

17.06.09

Lösungen für die Wasserstoffversorgung

4 hochintegrierte Komponenten können zukünftig
35 Komponenten ersetzen

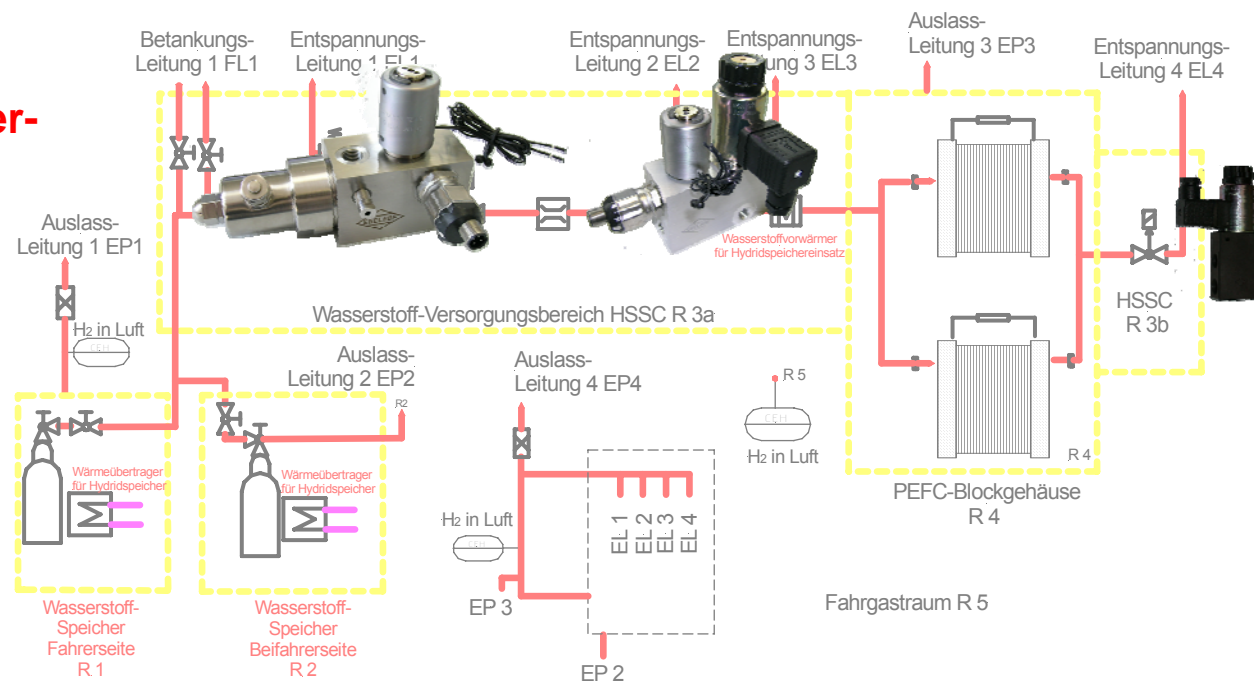


**Regel- &
Sicherheitsventil**

**Sicherheits- &
Gasabgabeventil**

**Spülventil
(in Bearbeitung)**

**Wasserstoffspeicher-
Sicherheitsventil**



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

17.06.09
Komponentenentwicklung



Lösungen für die Wasserstoffversorgung

2 hochintegrierte Komponenten sind bereits marktgerecht

Regel- & Sicherheitsventil



Funktionen in einer Baugruppe:

- EM-Isolationsventil zur Abtrennung der Wasserstoffstrecke vom Brennstoffspeicher
- Druckminderung
- Integrierter Filter
- Durchflussbegrenzung über Fixdrossel
- Überströmventil
- Drucksensierung

Sicherheits- & Gasabgabeventil



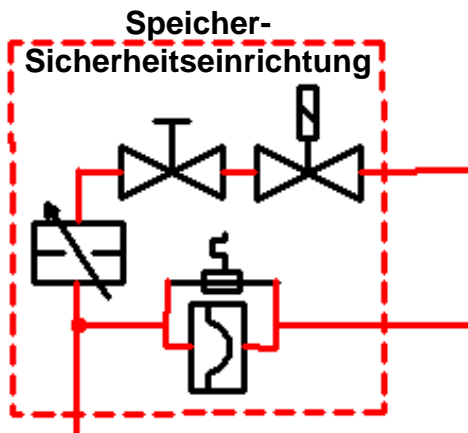
Funktionen in einer Baugruppe:

- EM-Isolationsventil zur Stackabsicherung
- EM- 3/2-Wege-Ventil zur
 - Druckminderung
 - Druckregelung
 - Entlüftung
- Integrierter Filter
- Durchflussbegrenzung über Fixdrossel
- Drucksensierung



Aktuelle Entwicklungsbeispiele von Systemkomponenten

Wasserstoff-Sicherheitseinrichtung für Hydridspeicher



Funktionen

- Abschalt-Magnetventil
- Handventil
- Überdruck-Sicherung
- Übertemp.-Sicherung
- Durchflussbegrenzer



Entwicklungsbasis

Zulassung einer
200bar
H₂ Sicherheits-
einrichtung

Neue technische Details für den Hydridspeicherbetrieb

- Überdruck-Sicherung: 130bar
- Direkt betriebenes Magnetventil
- Niederdruck-Durchflussbegrenzer
- Über-Temp. Sicherung: 110°C
- Betriebstemperaturbereich: -40 - +85°C



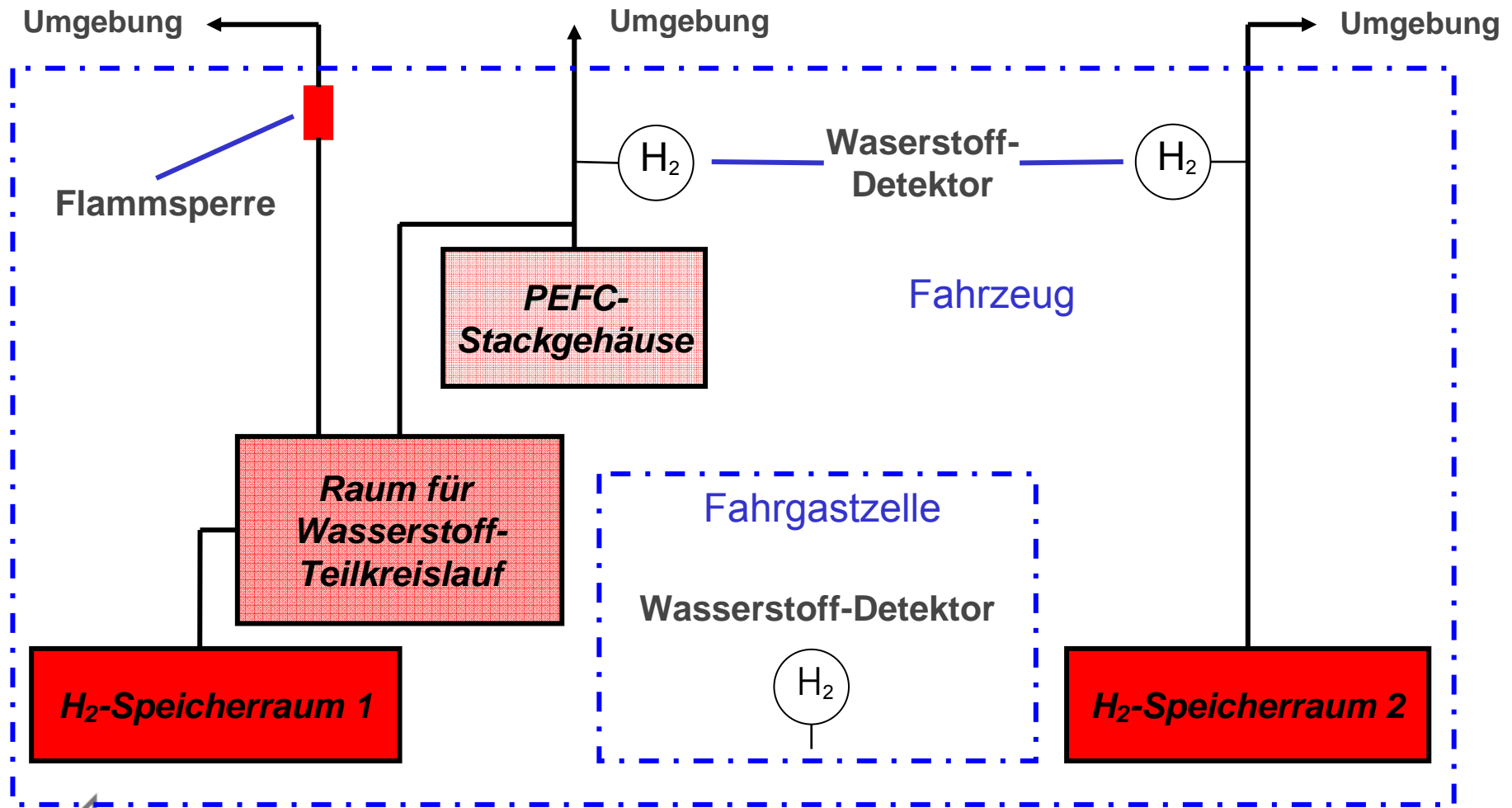
1. Entwicklungsschritt 200bar-Kleinserien Produkt



2. Entwicklungsschritt Prototyp für Hydridspeicher

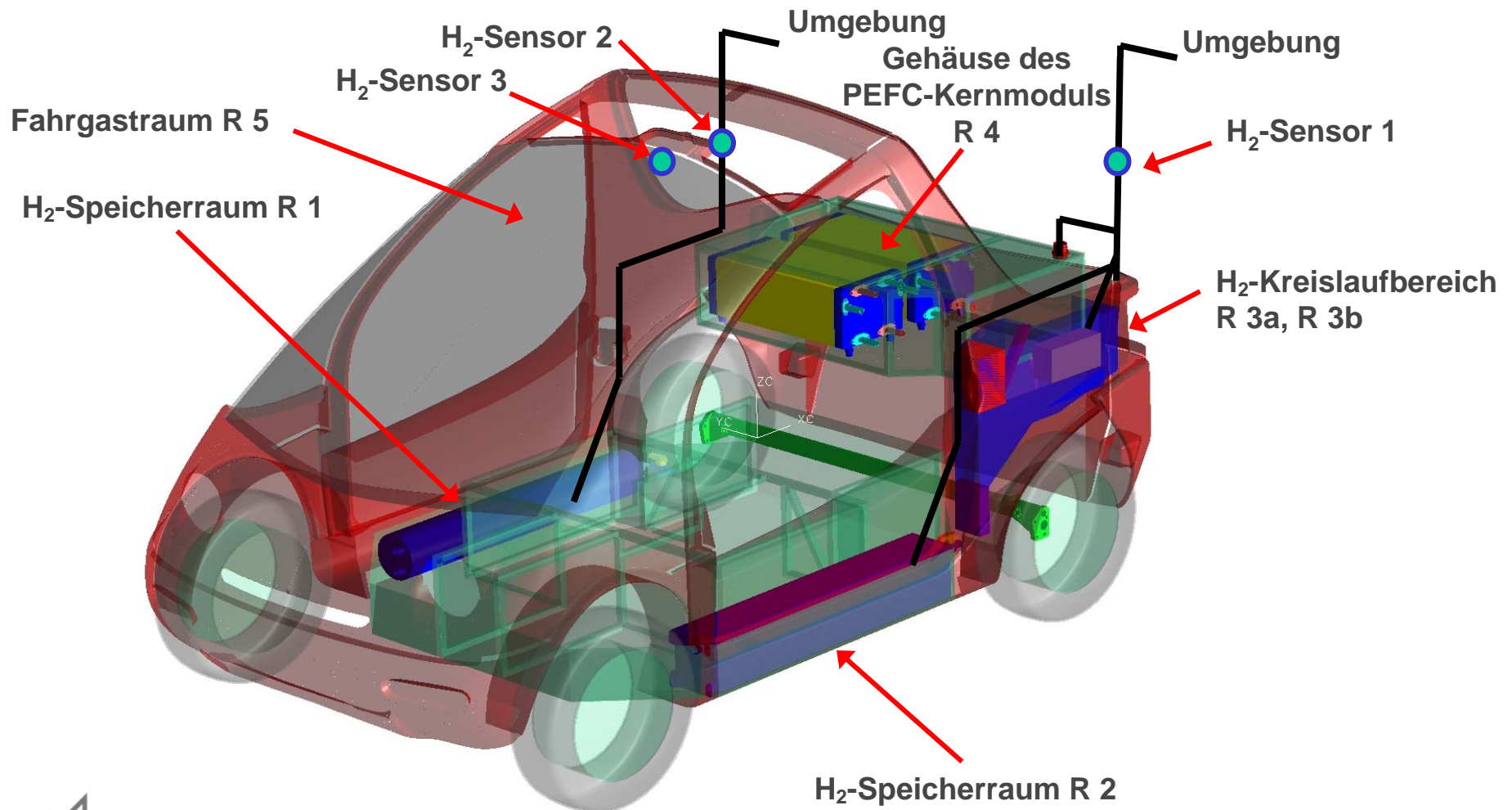
HyLite® PEFC-Systempackage

Wasserstoff-Sicherheitskonzept für das Fahrzeug

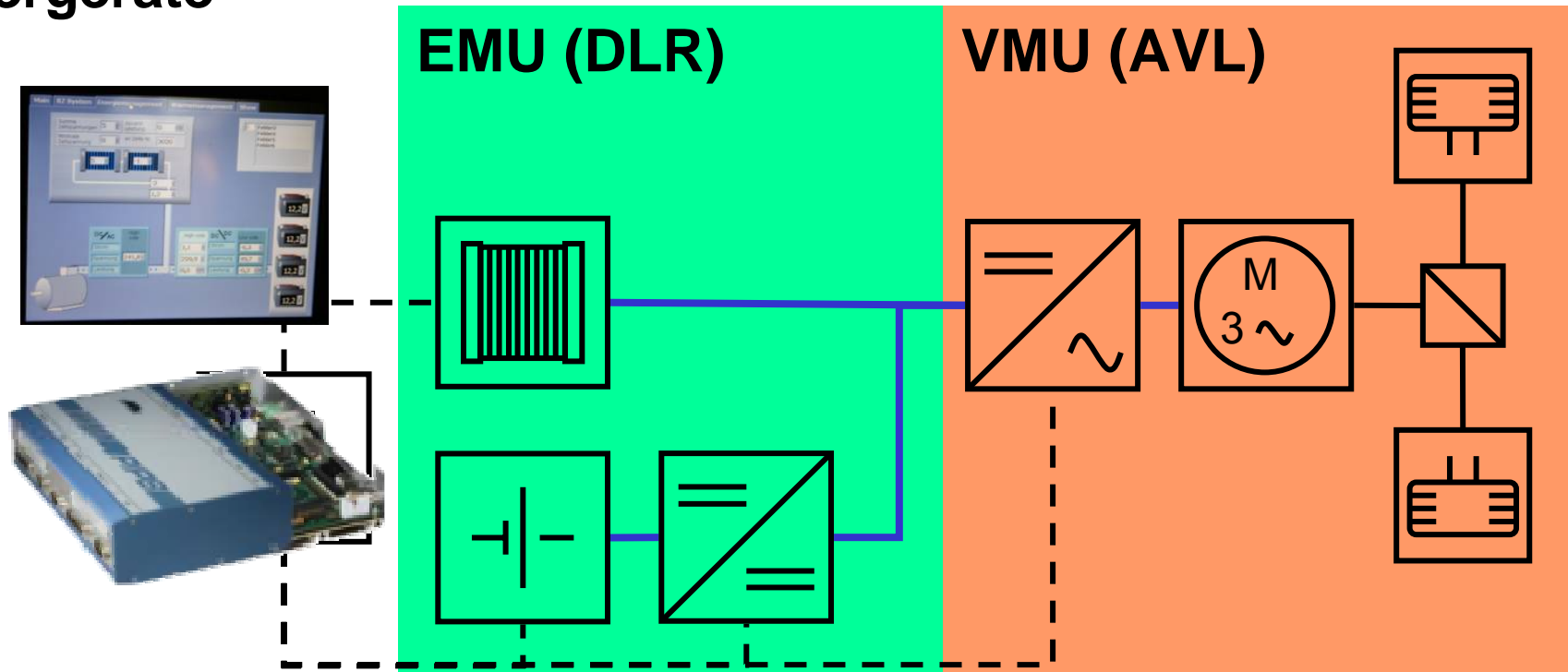


HyLite® Brennstoffzellensystem-Integration

Realisierung des Sicherheitskonzeptes



Steuergeräte



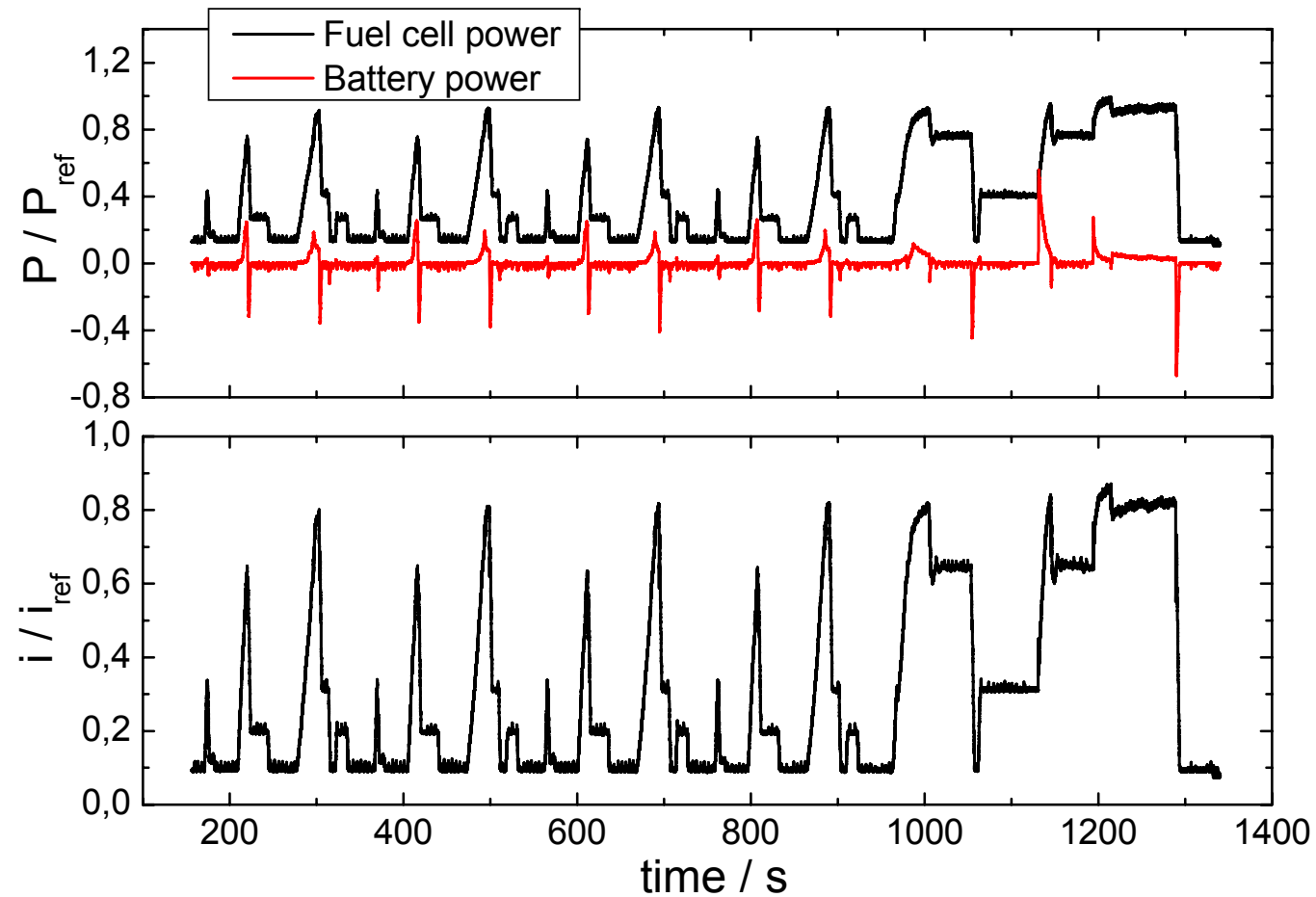
Vehicle management unit (VMU)

Driving mode detection, pedal to torque mapping, load change characteristics

Energy management unit (EMU)

Energy allocation unit (EAU), fuel cell control unit (FCCU),
battery management unit (BMU), DC control unit (DCU)

Ergebnisse des HyLite-Fahrbetriebs - Hybridisierung

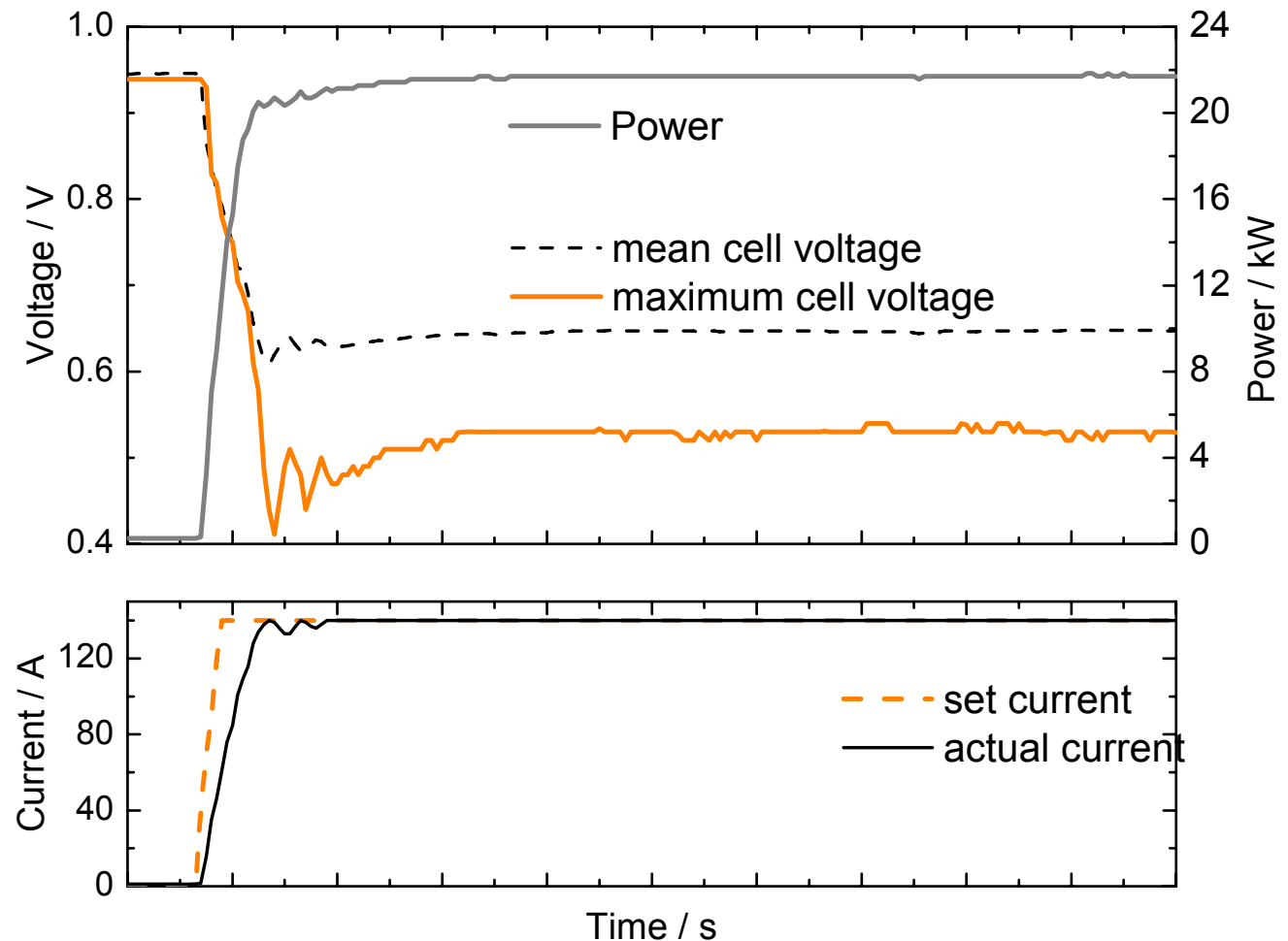




Ergebnisse des Brennstoffzellensystembetriebs

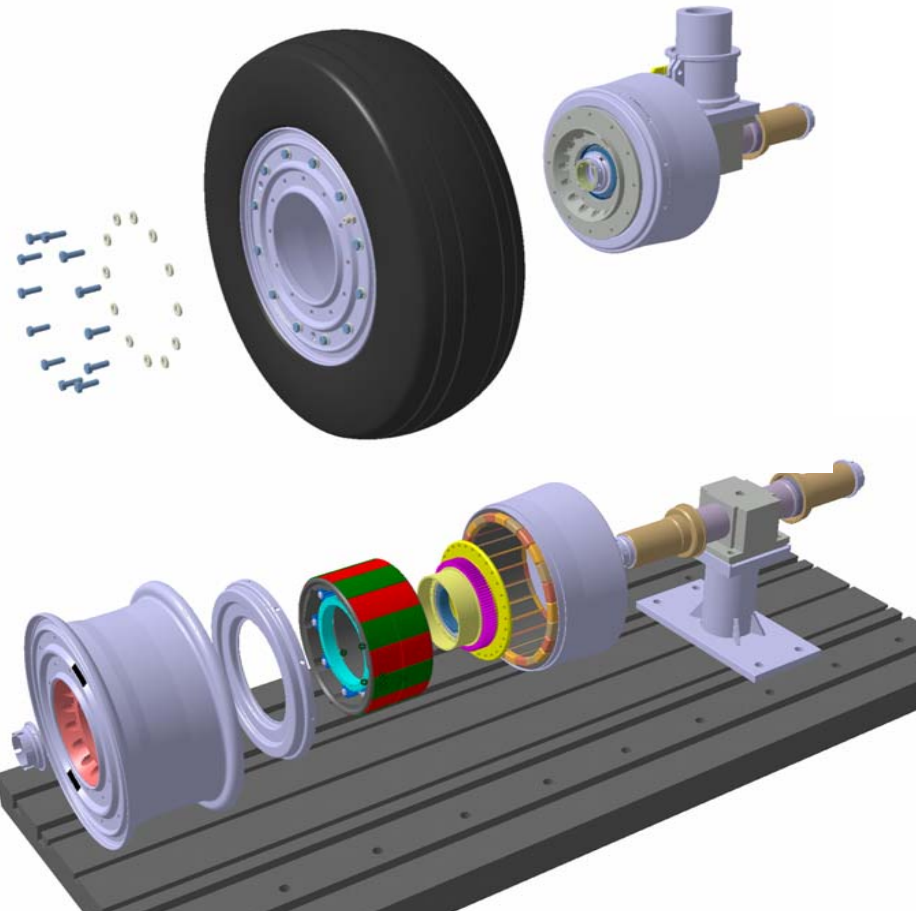
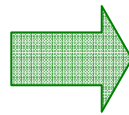
Betriebsstrategie „Konstante Maximalversorgung mit H₂ und Luft“

- Maximale konstante Versorgung der Blöcke erhöht die Leistungsdynamik sehr stark
- Trotzdem kann die geforderte Sprungantwort des Stroms nicht vollständig erfüllt werden.



Projekt ELBASYS, Bugradantrieb

Antriebsaufbau



Nose Wheel Drive

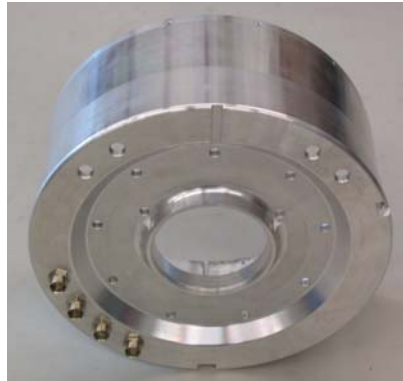
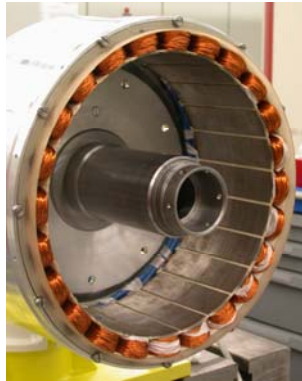
- Two nose wheel motors with 25 kW, powered over two inverters with a power supply of 600 V DC
- Motor to be mounted on the standard NLG
- permanent magnet excited synchronous machine
- Two stage planetary gear with ration 1:10 (taxiing)
- Possibility for ratio 1:1 (landing)
- Possibility for freewheel function



Projekt ELBASYS, Bugfahrwerksantrieb

Zusammenbau der Komponenten

Stator



Nabe



Kupplungswelle



Rotor



Felge





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

**Für alle Fragen stehe ich Ihnen gerne an
diesem Abend zur Verfügung**